Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn- Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. Dr. E. Harndt

WURZELKANALAUFBEREITUNG MIT ULTRASCHALL

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Wolf-Dieter Zurhold
aus Berlin

1969

AUS DER KLINIK UND POLIKLINIK FÜR ZAHN- MUND- UND
KIEFERKRANKHEITEN DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

DIREKTOR: PROFESSOR DR. DR. E. HARNDT

WURZELKANALAUFBEREITUNG MIT ULTRASCHALL

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Wolf-Dieter Zurhold

aus Berlin

Dekan: Professor Dr.med. Hans Heinz Naumann

Referent: Professor Dr.med. Gerhard Haim

Korreferent: Professor Dr.med. Hermann Kirsten

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Promoviert am: 23.7.69

Meinen Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547025_0079

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung

Topographie der Pulpa und Grundlagen der Wurzelbehandlung

II. Allgemeiner Teil

1) Erzeugung und Anwendung von Ultraschall

2) Beschreibung des Ultraschallgerätes CAVITRON 600

3) Funktion des CAVITRON 600

4) Anwendung des Gerätes in der Endodontie

5) Aufgabenstellung der Untersuchungen

III. Spezieller Teil

1) Versuchsanordnung in vitro

2) Gang und Methode der Untersuchungen

3) Auftretende Schwierigkeiten und Mängel

4) Histologischer Vergleich der Methoden

IV. Ergebnisse der Untersuchungen

V. Diskussion

VI. Zusammenfassung

VII. Literaturnachweis

Lebenslauf

I. EINLEITUNG

Topographie der Pulpa und Grundlagen der Wurzelbehandlung

Das Zahnmark oder die Pulpa dentis füllt im Innern des Zahnes den Pulpenraum aus, der in ein coronales Pulpencavum und in die Wurzelkanäle zu unterteilen ist. Sie steht an der Wurzelspitze durch das Foramen apicale mit dem Parodontium in Verbindung. In der Jugend entspricht die Pulpenkammer in verkleinerter Form der äußeren Gestalt des jeweiligen Zahnes. Ist sie nach dem Durchbruch der Zähne meist noch sehr geräumig, so nimmt sie mit zunehmenden Alter unter dem Einfluß pathologischer und physiologischer Einwirkung immer mehr ab, um nicht selten einer totalen Obliteration des Pulparaumes und der Wurzelkanäle Platz zu machen.

Auch nach Beendigung der Wurzelbildung bleibt die Pulpa in ihrer Ausdehnung noch einige Zeit recht umfangreich. Erst durch weitere Dentinanlagerungen wird die Pulpa kleiner und durch Differenzierungen im Kanalsystem treten Veränderungen in der Zahl, Form und Größe der Wurzelkanäle auf, welche bei der Behandlung der Pulpa bekannt sein müssen. Die Pulpakammertopographie und die feinere Anatomie der Wurzelkanäle spielen bei der Therapie der Pulpa eine wesentliche Rolle. Die genaue Kenntnis der Ausdehnung der Pulpakammer im Kronenteil des Zahnes läßt Verletzungen der Pulpa vermeiden, während die Kenntnisse der spez. Anatomie der Wurzelkanäle besonders bei der Entfernung des Pulpagewebes und weiterer Behandlung infizierter Kanäle von Bedeutung ist.

Die Grundsubstanz der Pulpa ist eine homogene Gallerte, die sich im Haematoxylin-Eosin-Präparat leicht rosa anfärbt. An der Oberfläche der Pulpa, also unmittelbar am Prädentin, liegen die Odontoblasten. Während sich in der Pulpakammer die Odontoblastenschicht zur Seite der Pulpa hin aufgelockert und unregelmäßig begrenzt zeigt, ist im Wurzelkanal eine festverbundene geradlinig begrenzte Schicht zu sehen. Gegen den Apex hin verlieren die Odontoblasten völlig ihr ursprüngliche Gestallt, sie werden zu unspezifischen Bindegewebszellen. Nerven und Gefäße ziehen gewöhnlich in engem Verband in die Pulpa hinein oder heraus. Es handelt sich hierbei um präkapilläre Arteriolen und postkapilläre Venole die das Foramen apikale passieren. Der Gefäßreichtum stammt noch aus der Zeit der Zahn-

entwicklung, d. h. aus der Zeit wo zum Aufbau des Dentinmantels viel Material herangeschafft werden mußte. Nach der groben Fertigstellung des Zahnes ist die Zahl der Gefäße und ihr Lumen offensichtlich vermindert. Das eigentliche Kapillargebiet liegt dicht unter der Odontoblastenschicht. Der große Stamm des Gefäßbaumes wird in das Pulpakavum geführt, wo die Endauflösung erfolgt, doch schon im Wurzelkanal gibt er kleine Zweige ab.

Lymphgefäße sind in der Pulpa des vollentwickelten Zahnes nicht nachgewiesen worden.

Nach Eintritt der Nerven in den Wurzelkanal werden ähnlich wie bei den Gefäßen einzelne Büschel, ja selbst einzelne Fasern zur Seite hin abgegeben. Der Hauptstamm aber zieht als markhaltiges Bündel bis in die Kronenpulpa. Dicht am Pulpadach bilden die Nerven unter Verlust ihrer Markscheide eine Art Plexus, aus dem freie Nervendigungen hervorgehen. Einerseits treten sie in die Odontoblastenschicht ein, andererseits ziehen sie als feine Gebilde weit in die Dentinkanälchen hinein oder enden in der Peripherie der Pulpa.

Wird die gesunde Pulpa von einem Reiz getroffen, er kann physikalischer, chemischer aber auch infektiöser Natur sein, so wird das Gewebe pathologisch verändert, d. h. es entsteht eine Entzündung. Die Ursache hierfür liegt erstens im Fehlen von Kollateralen im Kreislauf der Pulpa, der oft auf einen einziges Gefäß angewiesen ist und zweitens im Fehlen eines Lymphgefäßsystem.

Der Ablauf eines entzündlichen Geschehens ist immer vom Aufbau des Organs und seiner Funktion abhängig. So nehmen auch die Pulpaentzündungen ihren eigenen Verlauf, der mit dem geweblichen Aufbau einerseits und durch die Lokalisation im Inneren des Zahnes andererseits zusammenhängt. Die entzündlichen Veränderungen beginnen im allgemeinen mit einer Reaktion der Gefäße in Form einer Hyperämie, Exsudation, sowie einer Einwanderung zelliger Elemente. Die Folge ist eine zellige Infiltration des Gewebes.

Spielt sich dieses Geschehen im Zahn örtlich begrenzt ab, so führt es zu einer partiellen Pulpitis. Die Entzündung kann aber auch die Pulpa im ganzen erfassen, dann spricht man von einer totalen Pulpitis.

Bei heftigem Verlauf kann die akute Pulpitis zur Nekrose führen, und zwar zur septischen, der Gangrän. Sie kann aber auch in eine chronische Form übergehen, die wohl in der Regel auch mit einem Pulpentot endet.

Zur Behandlung der Pulpaerkrankungen steht eine Reihe therapeutischer Maßnahmen zur Verfügung. Sie reicht von der Pulpaüberkappung, der Pulpaektomie, der Pulpaamputation bis zur Exstirpation der Pulpa.

Die Pulpenexstirpation bezweckt die völlige Entfernung des Pulpengewebes und die spätere Ausfüllung des so geschaffenen Hohlraumes durch eine Füllmasse. Ist in der Praxis schon die totale Ausräumung des Wurzelkanales nicht einfach, so gestaltet sich die anschließende Kanalwandaufbereitung äußerst schwierig. Häupl (1) stellte für die Therapie des Wurzelkanales drei Grundforderungen auf:

1) die nekrotischen Massen aus dem Wurzelkanal zu entfernen
2) die Wurzelkanäle und die Dentinkanälchen von den Mikroben zu befreien und
3) das Foramen apicale bakteriendicht abzuschließen.

Gleichzeitig erkannte Häupl (1) auch, wie schwierig es ist, diese Forderungen exakt zu erfüllen. Wörtlich sagte er: "Obwohl uns eine Reihe von Behandlungsmethoden zur Verfügung steht, so ist doch das Ergebnis dieser Behandlungen zweifelhaft und unsicher."

Andererseits stellt das Foramen apicale einen weit offenen Trichter zum Periodontium dar. Alle Foramina liegen im Zement. Heß (4) berichtet in seinen Untersuchungsergebnissen unter anderem, daß im Oberkiefer der mittlere Schneidezahn in 25 %, der seitliche in 31 %, eine apicale Deltabildung zeigt.

Die Forschung über die feineren Vorgänge am Foramen apicale - Fischer (4) und Kluczka (5) - besitzt eine erhebliche Bedeutung für den Ausbau der klinischen Methode und hilft die technischen Feinheiten der Wurzelbehandlung zu verbessern.

Störend macht sich bei der Pulpaexstirpation ein großer ovaler, meist eingedellter, Querschnitt des Kanales, der weiter apical oft in eine Zweiteilung übergeht, bemerkbar. Weitere Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß es nötig ist, die gesamte Länge des Wurzelkanales aufzuschließen, damit alles Dentin einer gründlichen Desinfektion unterzogen werden kann. Die dabei entstehende Verbindung zwischen Wurzelhaut und apicalem Gewebe erleichtert Sekreten und Blutungen das Eindringen in den Kanal. Dadurch wird es wieder schwierig, den Wurzelkanal für die Füllung trocken zu bekommen, ohne das periapikale Gewebe rein mechanisch zu reizen und dadurch weitere Blutungen und Sekretion zu induzieren.

Außer diesen ungünstigen anatomischen und topographischen Verhältnissen der Wurzelkanäle treten noch sekundäre Erscheinungen im Kanal auf, die eine Behandlung sogar undurchführbar werden lassen können. Euler (6) spricht von vier Faktoren, die die Kanalausschachtung beträchtlich beeinflussen:

1) sog. hochstehende Dentikel
2) niedrigstehende Dentikel und Kalkausfällungen
3) ungleiche Anlagerungen von Sekundärdentin und
4) Unebenheiten, die aus Resorptionsvorgängen entstanden sind.

Bei solchem Geschehen, welches durch Abkauung der Zähne sowie durch Pulpitiden ausgelöst wird, kann die Form des Pulpencavums nicht nur stark eingeengt, sodern in ihrer Form weitgehend abgeändert werden. Die entstehenden Nischen und Krypten bilden eine ideale Prädilektionsstelle für Bakterien. Da es oft nicht gelingt, diese Nischen und Furchen restlos zu reinigen, und zu beseitigen, ist die Gefahr einer Reinfektion immer gegeben.

Verhältnismäßig selten ist das Pulpencavum durch zellunläre Resorptionsprozesse erweitert und die Wand entsprechend geschwächt, sodaß eine Perforation der Kanalwand die Folge ist.

Eine Perforation, auch Fausse route oder Via falsa genannt, ist nach Euler (6) auch dann zu erwarten, wenn bei der Kanalaufbereitung zu starre Wurzelinstrumente verwendet werden.

Durch seine histologischen und bakteriologischen Forschungen konnte Harndt (7) exakt nachweisen, daß nicht immer solche diffizilen Verhältnisse des Wurzelkanales gegeben sind. Vielfach können die Kanäle ausreichend aufbereitet, d. h. gesäubert und desinfiziert werden. Nach Harndt sind die Bakterien bei einer Pulpagangrän noch nicht tief in das Wurzeldentin eingedrungen. Bei raschablaufendem Zerfall der Pulpa ist das Dentin und der periapikale Raum vorerst nicht mit Bakterien verseucht. Die bakterielle Reinfektion kann also durch eine gründliche und gewissenschafte Wurzelbehandlung selbst bei gangränösen Zähnen vermieden werden. Die Möglichkeit der Ausheilung einer periapikalen Ostitis oder sog. Granulome auf Grund einer exakten Wurzelfüllung ist damit gegeben, somit eine Erhaltung des Zahnes über längere Zeiträume. Hierbei bleibt der Zahn klinisch symptomlos und zeigt eine normale periodontale Röntgenstruktur (Franke (8)).

Auf Grund langwieriger Untersuchungen von Meyer (2), Heß (3) und Fischer (4), die sich mit der Topographie der Wurzelkanäle befassen, wird eine Wurzelbehandlung im Sinne der Forderungen Häupls als nahezu undurchführbar betrachtet.

Durch Anfertigung lückenloser Serienschnitte und anschließender Wachsrekonstruktion weist Meyer (2) nach, daß der Wurzelkanal keine zylindrische Röhre, sondern ein mehr oder weniger gebogenes und konisches Rohr darstellt. Außerdem zeigt in 70 - 80 % der Fälle der Wurzelkanal vor seiner Mündung zwei oder drei Verästelungen. Diese Ver-

zweigungen können blind im Dentin enden. Andere sind durchgehend bis zur Wurzelhaut. Eine Kombination beider Typen ist nicht selten.

Rekonstruktionsmodelle von Wurzelkanälen.

Die Modelle stellen jeweils 6 mm der Wurzelspitze dar.

50fach vergrößert.
(Nach Meyer.)

Zur Desinfektion des Kanales gelangen die unterschiedlichsten Methoden und Mittel. Zur erwähnen ist unter anderem die Ionophorese, das Chlorgas, Ozon-Sauerstoffgemisch, sowie die heisse Wurzelkanalspülung. (Ketterl (9) und Schubert (9), Müglin (10)).

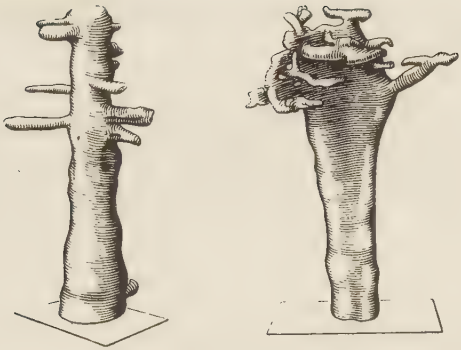
Ein von den Ingenieuren Dr. Krabbe und Sundien konstruierter Diathermieapparat gestattet joulisieren, koagulieren und kauterisieren, wobei ein System von Kontrolleinrichtungen ständige Überwachung ermöglicht. (Kjaer (11) und Krabbe (32)).

An die Entfernung der Pulpa und Desinfektion schließt sich die Aufbereitung des Wurzelkanals an. Diese besteht in einer Erweiterung, bzw. der Gangbarmachung des Kanallumens und Entfernung der putriden Restmassen. Die Aufbereitung der Wurzelkanäle kann mit mechanischen oder chemischen Mitteln erfolgen. Als mechanische Instrumente gelangen sowohl Handinstrumente, wie Feilen, Bohrer, Raspeln, als auch maschinell getriebene Instrumente zur Anwendung. Chemische Mittel zur Erweiterung und Reinigung der Kanäle werden eine ganze Reihe angegeben, unter anderem 40 - 50 %ige Salzsäuren (Preiswerk), Antiformin und Hypochlorit (Ullik (12)). Organische Säuren eignen sich nur zur Erweiterung der Kanaleingänge.

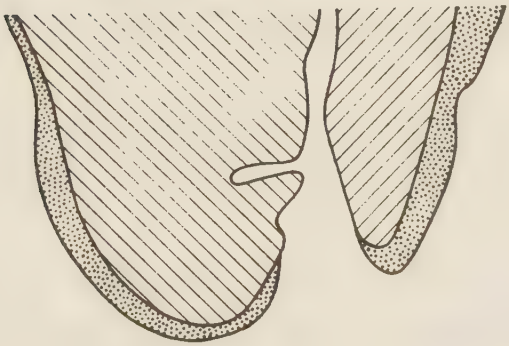
1929 hat Ullik (12) an 200 frischextrahierten Zähnen histologische Untersuchungen nach Aufbereitung der Kanäle angestellt. An den Querschnitten durch die Wurzelspitze war zu erkennen, daß in den Seitenbuchten und Kanälen fast immer Gewebsrest liegen blieben. Diese fanden sich trotz Behandlung des Wurzelkanales mit histolytischen Medikamenten wie Neoantiformin, Hypochlorit, Königswasser und anderen Substanzen.

Vöpel (13) konnte nachweisen, daß die mechanische Aufbereitung den chemischen Methoden überlegen ist. Nach Wilmer (14) ist die Wirkung der verschiedenen Wurzelkanalerweiterungsinstrumente, gezähnte, feilenartige und durch Rotation wirkende sehr unterschiedlich.

Die Grundvoraussetzung für eine wirkungsvolle medikamentöse Einlage und Füllung ist die Entfernung der Sekundärdentinschicht, die der Kanalwand anliegt. Die vorhandenen Resorptionsbuchten können durch gezähnte Instrumente nicht vollkommen geglättet werden. Bessere Ergebnisse sind mit den feilenartigen, nach Hedström (16), zu erzielen. Die durch Wurzelkanalbohrer nach Beutelrock aufbereiteten Kanäle zeigen eine konstinuierliche glatte Oberfläche. Ihre Anwendung ist nach Vöpel (13) jedoch gefährlich, da sie leicht eine Perforation verursachen können.



Rekonstruktionsmodelle von Wurzelkanälen



Längsschnitt durch eine Wurzelspitze.
Überzeichnete Mikro-Fotografie.
Das Foramen apicale stellt einen sich zum Periodontium hin öffnenden Trichter dar.
Dentin schraffiert, Zement punktiert.
(Nach Meyer.)

Das Kombinationsverfahren Kerr-Bohrer und 45 %ige Schwefelsäure zeigte experimentell, das beste Ergebnis. (Wilmer (14)).

In neuerer Zeit ging man dazu über, mehr maschinell angetriebene Instrumente zur Kanalaufbereitung zu verwenden. Dabei ist zwischen Instrumenten, die rotieren oder feilen, zu unterscheiden. Mit den feilenden Aufbereitungsnadeln ist eine Kanalerweiterung nur nach der Breite, nicht nach der Tiefe möglich (Binder (17) und Freyberger (18).

Hierbei werden leichte Krümmungen des Wurzelkanals noch aufbereitet, ohne daß es zu einer Via falsa kommt. Das gleiche kann über die rotierenden oder halbrotierenden Instrumente ausgesagt werden. Trotzdem berichtet Büchs (19) über die Unzulänglichkeit der mechanischen Aufbereitung von Wurzelkanälen selbst im Frontzahnbereich. Der ovale Querschnitt des Kanals wird nicht immer in einen runden umgewandelt. Die relative Starrheit der Instrumente wirkt sich ungünstig aus.

Bei der Aufbereitung des Wurzelkanals mit Eröffnung des Foramen apicale muß damit gerechnet werden, daß Dentinbohrstaub von den Kanalwänden und putrider Kanalinhalt in den apikalen Bereich und darüber hinaus gepreßt wird. Die Folge ist

1) eine Reizung in verschiedenem Ausmaß
2) eine wesentliche Verzögerung der Ausheilung des periapikalen Reizgewebes (sog. Granulom)
3) die Infektion des periapikalen Gewebes wird längere Zeit weiter unterhalten.

Bleibt der mobilisierte Kanalinhalt im apikalen Wurzelbereich liegen, so kann das Wurzelfüllmittel das Foramen nicht bakteriendicht verschließen (Waechter (20)).

Um der Eröffnung des Foramens zu entgehen, ist vor einiger Zeit die Längenbestimmung der Wurzelkanäle mittels Meßsonden und Röntgenbildern eingeführt worden. Die Mes-

sung erfolgt in der Weise, daß die erste Röntgenaufnahme des für die Wurzelbehandlung vorgesehenen Zahnes mit der in den Kanal eingeführten Meßnadel erfolgt. An Hand von Markierungspunkten auf der Nadel ist die Länge des Kanals leicht festzustellen. Die Aufnahmeprojektion spielt hierbei keine Rolle. Dieser Meßwert wird nun auf das Aufbereitungsintrument übertragen, somit ist eine vorschriftsmäßige Erweiterung gewährleistet (Walter und Kövago (21)).

Während dieser Eingriffe sind die Regeln der Asepsis genauestens einzuhalten. Jede mögliche Infektionsquelle, wie Speichel, Zahnstein und kariöses Dentin ist vor der Wurzelbehandlung auszuschalten. (Maeglin (10), Häupl (1)) Bestehende apikale Parodontitiden, ob es sich nun um ein diffuses Infiltrat oder um ein sog. Granulom handelt, heilen nach einer gelungenen Wurzelbehandlung aus. (Harndt 7)) Allerdings vergeht einige Zeit, ein Jahroder mehr, bis röntgenologisch eine völlige Knochenregeneration eingetreten ist. In der Zwischenzeit läßt sich eine Verkleinerung des apikalen Prozesses mittels Röntgenbild nachweisen.

Nur ausnahmsweise ist dies nicht der Fall und es entsteht eine chronische apikale Parodontitis. Nach Versagen der konservativen Therapie muß man zum chirurgischen Eingriff schreiten.

Die chirurgische Behandlung der chronischen apikalen Parodontitis unter Erhaltung des Zahnes, die Wurzelspitzenresektion, ist von Partsch (22) in die Zahnheilkunde eingeführt worden. Hierbei wird nach operativer Freilegung der Wurzel die Spitze und das ganze entzündliche Gewebe entfernt. Anschließend erfolgt die orthograde Wurzelkanalaufbereitung und Abfüllung unter Kontrolle des Auges. Gelingt es nicht, den Kanal passierbar zu machen, wird er regredient mit Amalgam verschlossen.

Bei der Wurzelspitzenresektion hat die Einführung genormter Bohrer und Silberstifte (Rehrmann (23)), wodurch eine gute Passgenauigkeit des Stiftes im Kanal gewähr-

leistet ist, bei richtiger Ausführung die Erfolgsaussichten der Resektion, mit orthograder Füllung des Kanals, erheblich verbessert.

Wenn man zurückblickend die bisher erwähnten Methoden einer Kritik unterzieht, so ist festzustellen, daß keine Methode für sich allein für eine einwandfreie Wurzelbehandlung eine Garantie zu bieten mag. Nach wie vor bleibt die mechanische Kanalwandaufbereitung der Kernpunkt jeder Wurzelbehandlung. Die Wahl der dabei verwendeten Hilfs- sowie Desinfektionsmittel ist zwar wichtig, aber nicht ausschlaggebend.

II. ALLGEMEINER TEIL

1) Erzeugung und Anwendung von Ultraschall

In der heutigen Zeit wird die Wissenschaft und Medizin in immer neue Spezialdisziplinen und Gebiete untergliedert. So ist auch der Ultraschall zu einem besonderen Gebiet, sowohl in der Medizin, in der Wissenschaft als auch in der Technik geworden.

Das menschliche Ohr vermag Schallschwingungen mit Frequenzen von etwa 16 bis 16000 Schwingungen pro Sekunde (1 Schwingung pro Sekunde = 1 Hertz = 1 H_z) wahrzunehmen. Unter Ultraschallschwingungen versteht man Schallschwingungen, d. h. Dichteschwankungen in elastischen Medien (z. B. Luft), deren Frequenzen jenseits der Hörgrenze liegen. Die untere Grenze liegt etwa bei 20000 Schwingungen pro Sekunde. Für besondere wissenschaftliche Zwecke wurden Frequenzen bis zu einigen Milliarden Hz erzeugt.

Die Erzeugung derartig hochfrequenter elastischer Schwingungen geht von verschiedenen physikalischen Erscheinungen aus.

Mittels der Galtonpfeife wird das alte akustische Prinzip, die Schallerzeugung durch Pfeifen, auf die Ultraschallfrequenzen ausgedehnt. Mehr als 30000 H_z sind mit dieser Methode, jedoch nicht zu erzielen. Höhere Frequenzen werden durch Elektro- oder Magnetostriktion und dem piezo-elektrischen Effekt erzeugt.

Als elektrostriktiver Effekt wird die Volumenänderung von gasförmigen, flüssigen und festen Körpern unter dem Einfluß von elektrischen Feldern bezeichnet. Die Volumenänderung entsteht infolge der Polarisierung der Moleküle in den Körpern durch das elektrische Feld. Dadurch tritt eine Änderung der Molekülkräfte auf die Umgebung ein. Wenn die Volumenänderung imRythmus eines angelegten Wechselfeldes vor sich gehen soll, müssen die Moleküle des Körpers vorerst durch ein dem Wechselfeld überlagertes Gleichspannungsfeld polarisiert werden. Die Ausrichtung der Moleküle wird dann durch die Wechselspannung moduliert, sodaß mechanische Schwingungen gleicher Frequenz entstehen.

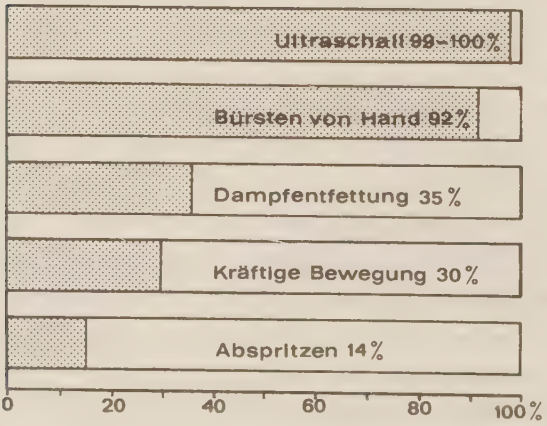
Der Piezo-elektrische Effekt stellt eine Sonderform der Elektrostriktion dar, da die Moleküle in den piezo-elektrischen Kristallen schon von Natur aus ausgerichtet sind, d. h. also keiner Vorspannung bedürfen.

Seit kurzen wird die Ultraschallprüftechnik auch in der medizinischen Diagnostik angewendet. In vielen Fällen, in denen die Röntgendiagnose versagt, oder wegen der Gefahr der Strahlungsschädigung nicht verwandt werden kann, führt die Ultraschallmethode zum Erfolg. Beispielsweise kann die Ultraschalldiagnostik in der Gynäkologie oder bei Untersuchungen des Auges benutzt werden. Gehirntumore können festgestellt und die Tätigkeit des Herzens genauestens überwacht werden. Ebenso wie bei der Werkstoffprüfung mit Ultraschall liefern die Herkammerwände einzelne Schallreflexe, die als Impulse auf dem Bildschirm eines Oszillographen wiedergegeben werden. Die Bewegung der Herzklappen ergibt dabei temporär veränderliche Impulse, aus deren Verlauf sehr genau auf die Funktion der Klappen geschlossen

werden kann. In vielen Fällen genügt die Impulsanzeige, um die richtige Diagnose stellen zu können, um dem Chirurgen die nötigen präoperativen Informationen zu liefern.

Eine weitere Anwendung findet der Ultraschall u. a. in Reinigungsverfahren. Die reinigende Wirkung des Ultraschalls beruht zum größten Teil auf den hohen Beschleunigungskräften und dem Mechanismus der Cavitation, d. h. das Trägermedium zerreißt, die bei großer Ultraschalleistung auftritt. Somit kann die Oberfläche (z. B. eines Instrumentes) bis zu einem hohen Reinheitsgrad von den verschiedenartigsten Verschmutzungen gesäubert werden. (siehe Graphik).

Black und Beall (Pothmann (31)) konnten feststellen, daß Ultraschallreinigung keinen Einfluß auf Bakterienkulturen hat. Bei der Desinfektion konnte eine Steigerung der desinfizierenden Wirkung unter Schalleinwirkung nicht beobachtet werden.



Reinigungseffekt nach verschiedenen Methoden.

2. Beschreibung des Ultraschallgerätes CAVITRON 600

Das Ultraschallgerät CAVITRON 600 wurde speziell für die prophylaktische und periodentale Therapie entwickelt. Es besteht im wesentlichen aus einem in ein Gehäuse eingebauten Generator und einem Handstück, in dem die verschiedenen Prophylaxeeinsätze verwand werden können.

Der Genrator arbeitet mit gewöhnlichem Wechselstrom. 220/230 V bei 50 - 60 H_z. Dieser Strom wird in eine Niederspannung mit 25000 H_z transformiert.

An der Vorderseite des Geräter befinden sich drei Regelschalter:

1) Drehschalter, der das Gerät ein- und ausschaltet, sowie für die Einstellung der drei Arbeitsstufen low (schwach), medium (mittel) und high (stark).
   Eine Kontrollampe zeigt die Betriebsbereitschaft des CAVITRON an.
2) Ein Abstimmungsschalter, um den jeweils optimalen Schwingungseffekt einzustellen. Die Skala reicht von 0 - 10.
3) Ein Wasserregulierschalter, der den Kühlwasserfluß durch das Handstück reguliert.
   Eine Spezialsteckdose ermöglicht den Schnellanschluß des Handstückes an das Gerät.
   Das Gehäuse ist 17 cm hoch, 23 cm breit und 24 cm tief.

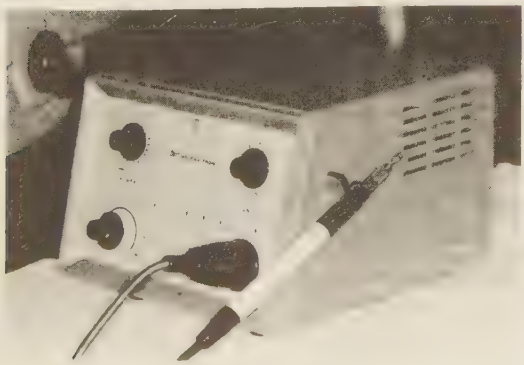


Abb. 1

CAVITRON 600

3) Funktion des CAVITRON 600

In dem Handstück mit dem Instrumenteneinsatz wird der erzeugte hochfrequente Strom durch die Magnetostriktion in mechanische Schwingungen gleicher Frequenz umgewandelt. Diese Schwingungen aktivieren die Instrumentenspitze, die sich um 0,025 mm quer zur Längsachse bewegt.

Die dabei in dem Handstück entstehende Wärme wird durch einen kontinuierlich fließenden Wasserstrom gekühlt. Über eine feine Kanüle wird das so erwärmte Wasser auf die Instrumentenspitze oder, was von dem verwendeten Arbeitseinsatz abhängig ist, durch einen Wasserrücklaufschlauch zur Einheit zurückgeleitet. Trifft der Wasserstrahl die schwingende Instrumentenspitze, so entsteht ein feines Aerosol. Dieser Spray ermöglicht eine Ausschwemmung und Wegspülung von abgesprengten Zahnsteinablagerungen in tiefen Taschen.

Wird der Instrumenteneinsatz gewechselt, so muß jedes mal mittels des Abstimmschalters das CAVITRON-Gerät neu eingestellt werden.

Die Grobabstimmung der verschiedenen Prophylaxeeinsätze erreicht man durch die drei Arbeitsstufen low, medium und high.

Beim Einschalten des Gerätes durch den Fußschalter ertönt ein leises Zischen. Durch Drehen am Feinabstimmschalter stellt man die höchste Intensität dieses Effektes ein. Das auftreffende Wasser wird dabei fein zerstäubt.

4) Anwendung des Gerätes in der Endodontie

Bei der Anwendung des CAVITRON in der Endondontie wird der Einsatz PR - 30 verwendet (Abb. 2).

Die Arbeitsstellung für diesen Einsatz ist low. Ferner muß an das Handstück der Wasserrücklaufschlauch angeschlossen werden.

Abb. 2
Handstück mit Endodontieeinsatz PR-30

Anhand von Meßröntgenbildern wird die Länge des Wurzelkanals bestimmt und dieses Maß auf dem Wurzelaufbereitungsinstrument markiert. Alle Instrumente wie Exstirpationsnadel, Rattenschwanzfeilen, Kerrschrauben- und Bohrer sind so tief in die Halterung des Endodontieeinsatzes einzusetzen, daß ihre Funktionslänge der des Wurzelkanales entspricht. In ungünstigen Fällen muß der Nadelschaft entsprechend gekürzt werden. Mittels eines Schlüssels lassen sich die Nadeln fest in dem Schallkopf fixieren. Auflegen des Kopfes auf die Zahnkrone verhindert ein Vordringen der Nadelspitze über das Foramen apicale (Abb. 3)

Abb. 3
Schallkopf mit eingesetzter Nadel.

Zur Kanalaufbereitung wird die Nadel soweit wie möglich in den Wurzelkanal eingeführt und unter pumpenden Bewegungen gegen die Kanalwand gedrückt.

Das schwingende Instrument erweitert und glättet automatisch die Wurzelkanalwand.

Durch Verwendung von Natriumhypochlorit wird organische Substanz im Kanal gelöst und gleichzeitig eine zu starke Erwärmung des Zahnes vermieden. Um den abgelösten Dentinstaub und die putriden Restmassen zu entfernen, wird häufig mit Wasserstoffperoxyd gespült.

5) Aufgabenstellung der Untersuchungen

Der Wurzelkanal stellt keinen einfachen Hohlraum dar, sondern ist der Zugang zum periapikalen Parodontium. Infolgedessen ist durch das Manipulieren in dem der Sicht des Auges nicht zugänglichen Kanal das Parodontium außerordentlich gefährdet. Es muß jede Infektion des Wurzelkanales vermieden werden, da von hier aus das apikale Gewebe und der umliegende Knochen infiziert werden können.

Die komplizierte Gestalt der meisten Wurzelkanäle (Fischer (4) und Meyer (2)) machen es unmöglich, alle Pulpareste aus den feinen Kanälen und Seitenkanälen in der Wurzelspitze restlos zu entfernen. Aus diesem Grunde spricht man auch bei der Exstirpation der Pulpa von der hohen Amputation.

Doch darf man aus verschiedenen Untersuchungen folgern, daß diese geringen Reste putrider Massen und kleinste Nebenkanäle ohne besondere Bedeutung sind, wenn keine weitere Schädigung, d. h. Infektion oder mechanische Traumen hinzukommen.

Topographische Eigentümlichkeiten, wie starke Wurzelkrümmungen und Abnickungen, machen es unmöglich, die Pulpa in toto zu entfernen und den Kanal regelrecht abzufüllen. Von langdauernden Versuchen, solche unzugänglichen Kanäle doch noch zu bezwingen, ist abzusehen.

Vor der eigentlichen Wurzelkanalaufbereitung muß die Kavität soweit aufgezogen werden, daß der Zugang zum Pulpenkavum übersichtlich und instrumentell leicht zugänglich ist. Jeder Kompromiß macht sich sehr bald unangenehm im Mißerfolgen bemerkbar. Die Kavität muß soweit aufgezogen werden, bis die Wurzelkanalinstrumente ungehindert, d. h. möglichst ohne Abbiegung in die Kanäle eingeführt werden können.

Im Interesse des nötigen Erfolges der Wurzelbehandlung muß eher zuviel Zahnhartsubstanz als zu wenig geopfert werden, denn durch den Mißerfolg der Behandlung ist meist der ganze Zahn verloren.

Die Vielgestaltigkeit der Kanalverhältnisse und deren besondere Variabilität durch sekundäre Hartsubstanzbildungen (Euler (6)) rechtfertigen es, für jede Wurzelkanalbehandlung zur eingehenden Beurteilung der Lage eine Röntgenaufnahme anzufertigen.

Ist das Pulpakammerdach vollständig abgetragen, so wird das Kavum mit Wasserstoffperoxyd oder Alkohol gesäubert. Anschließend werden die Wurzelkanaleingänge durch Sondieren mittels Millersonde aufgesucht. Selbstverständlich müssen hierbei die Eingänge direkt oder indirekt im Spiegel sichtbar sein, sonst ist eine exakte Aufbereitung der Kanäle nicht gewährleistet.

Vor der Pulpaexstirpation sollten die Kanaleingänge trichterförmig erweitert werden, da gerade diese häufig durch Sekundärdentin verengt sind und damit das Entfernen der um die gezähnte Exstirpationsnadel (von Laien oft als Nervnadel bezeichnet) gewickelten Pulpa erschwert.

Bei der Erweiterung der Kanäle ist die Vermeidung jeder Stufenbildung Vorbedingung. Eine Stufe, wie sie durch ungeeignete Bohrer oder sonstige Instrumente verursacht wird, erschwert die weitere Aufbereitung der Kanäle.

Die Voraussetzung für eine exakte Wurzelfüllung ist und bleibt eine glatte Kanalwand. Diese läßt sich aber nur durch eine exellente Wandaufbereitung erreichen. Somit stellt eine Wurzelaufbereitung nichts weiter dar, als eine Kürettage der Kanalwand, d. h. man kann von einer Wurzelkanalkürettage sprechen.

Das die Wurzelbehandlung auch heute noch ein Problem darstellt, trotz der Vielzahl der Mittel und Wege, zeigen die vielen Mißerfolge. In vielen Fällen läßt sich die spätere Extraktion des Zahnes nicht vermeiden, auch wenn das Röntgenbild eine Füllung lege artis zeigt.

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit soll es sein, festzustellen, ob mit Hilfe des Ultraschallgerätes CAVITRON 600 die Wurzelkanalwand glatter und damit besser aufbereitet werden kann, als es mit den bisher manuellen Methoden möglich ist.

III. SPEZIELLER TEIL

1) Versuchsanordnung in vitro

Das für die Untersuchungen zur Verfügung stehende Zahnmaterial stammt aus der chirurgischen Abteilung unserer Klinik. Die frisch extrahierten Zähne wurden in 10 %iger Formalinlösung konserviert, um ein vorzeitiges Austrocknen und damit eine Verfälschung zu vermeiden.

Um den gegebenen Verhältnissen im Munde zu entsprechen, trepanierte ich alle Zähne, d. h. das Pulpakammerdach wurde vollständig abgetragen. Dadurch war gleichzeitig der Blick auf die Kanaleingänge freigegeben.

Zur Durchführung der Versuche gelangten 131 ein- und mehrwurzlige Zähne. Weisheitszähne wurden von vorne herein wegen der ungünstigen Topographie der Wurzelkanäle nicht untersucht. Das gleiche galt für Zähne mit stark gekrümmter oder abgeknickter Wurzel.

2) Gang und Methode der Untersuchungen

Bei Versuchsbeginn wurde die Pulpa mit Hilfe einer gezähnten Extirpationsnadel möglichst in toto entfernt. Unter Verwendung einer Millersonde als Meßnadel dann die Länge des Kanales sondiert. Dabei ist besonders darauf geachtet worden, daß das Foramen apicale nicht durchstoßen wurde.

Die so gemessene Länge wurde nun auf das jeweilige Kanalerweiterungsinstrument übertragen und in den Kopf des Endodontieeinsatzes des CAVITRON-Gerätes gespannt.

Die fixierte Nadel wird durch Drehen des Feinabstimmschalters abgestimmt. Die optimale Einstellung ist dann erreicht, wenn das leise Zischen am stärksten zu hören ist. Das Instrument wird jetzt unter leichten pumpenden Bewegungen in den Wurzelkanal eingeführt.

Die schwingende Nadel erleichert diesen Arbeitsgang beträchtlich. Unter ständigem vor- und zurückziehen des Instrumentes wird die Wurzelkanalwand gesäubert und geglättet. Gleichzeitige Verwendung von Natriumhypochlorit (nach Dr. Gonser, stabilisiert) löst die organischen Massen und vermindert die Gefahr einer thermischen Schädigung des Periodontiums.

Kleine Mengen Chlorgas und Sauerstoff, die durch diese Erwärmung frei werden, tragen zu einer Desinfektion des Kanales bei. Häufige Spülungen mit 10 %igem Wasserstoffperoxyd bewirken eine Ausschwemmung des Dentinstaubes und der putriden Restsubstanzen.

Zur Wurzelkanalaufbereitung mit Ultraschall wurden die gebräuchlichsten mechenischen Erweiterungsinstrumente verwendet: Kerr-Feilen und Bohrer, Hedström-Feilen sowie Exstirpationsnadeln und Rattenschwanzfeilen. Die Kerr- und Hedström-Instrumente wiesen die Stärke 2 - 5 auf.

Das Zahnmaterial teilt sich in 6 Gruppen auf, die anschließend wie folgt bearbeitet worden sind:

A) 20 Zähne handaufbereitet mit Kerr-Schrauben und Hedström-Feilen steigender Größe (2 - 5)

B) 15 Zähne mit dem CAVITRON plus eingesetzten Exstirpationsnadeln sowie Rattenschwanzfeilen.

C) 30 Zähne mit dem CAVITRON plus eingesetzten Kerrbohrern der Größe 2 - 5.

D) 30 Zähne mit dem CAVITRON plus Kerr-Feilen der Größe 2 - 5.

E) 30 Zähne mit dem CAVITRON plus Hedström-Feilen der Größe 2 - 5.

F) 6 Zähne für allgemeine Untersuchungen und Darstellungen.

3) Auftretende Schwierigkeiten und Mängel

Bei der Durchführung der Experimente machten sich verschiedene technische Mängel des Instrumentariums unangenehm bemerkbar. Der Stahl der verwendeten Extirpationsnadeln und Rattenschwanzfeilen, sowie der Kerr- und Hedström-Instrumente erwies sich der hohen Schallenergie (25000 H_z) des Gerätes nicht gewachsen.

Nach kurzer Betriebsdauer brachen die Instrumente im Wurzelkanal ab und ließen sich oft nicht mehr entfernen. Die Bruchstücke hatten im Durchschnitt eine Länge von 3- 8 mm. Die stärkeren Kerr- und Hedström-Instrumente hielten der Schallbelastung etwas länger stand, bevor eine Fraktur auftrat. Die Ursache hierfür dürfte in der vorzeitigen Materialermüdung zu finden sein.

Da dieser Befund für den Patienten eine erhebliche Gefahr darstellt, ist von der Verwendung dieser Instrumente in Kombination mit dem CAVITRON abzusehen.

Um weitere unangenehme Komplikationen dieser Art zu vermeiden, mußten Instrumente aus einem Material gefunden werden, die der Ultraschallenergie besser stand hielten.

Bei nachfolgenden Materialprüfungen erzielten die Kanalinstrumente der Firma Micro Mega die besten Ergebnisse. Nach längerer Behandlungzeit war leider auch

hier eine gewisse Ermüdung des Stahles zu konstatieren. Es brachen ca. 1 - 2 mm lange Fragmente der Spitze ab. Dieser fatale Vorgang blieb in fast allen Fällen zunächst unbemerkt. Erst nach zwei- und dreimaliger Fraktur fiel eine deutliche Verkürzung des Instrumentes ins Auge.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich bei der Anwendung stärkerer Nadeln (Größe 5 - 6). Wurde während der Kanalerweiterung kein Natriumhypochlorit verwand, so trat nach kurzer Zeit eine starke Erhitzung des Zahnes auf. Selbst unter Anwendung des Hypochlorit als "Kühlmittel" ist eine Erwärmung nicht ganz zu vermeiden.

Dieser Faktor stellt eine Belastung, wenn nicht eine Schädigung des periodontalen Gewebes und damit des Patienten dar.

Die Gefahr einer Perforation des Kanales ist bei der Anwendung des CAVITRON-Gerätes nicht sehr hoch, kann jedoch auch mit dieser Methode nicht gänzlich vermieden werden. Das gilt besonders bei Benutzung sehr starrer Instrumente. Leicht gekrümmte Kanäle werden von dünneren Nadeln der Stärke 2 - 4 gut aufbereitet. Während der Versuche trat in 7 Fällen eine Via falsa auf, in 14 Fällen wurde das Foramen apicale nicht erreicht.

Der zeitliche Vorteil unter Verwendung des Ultraschallgerätes gegenüber der manuellen Aufbereitung liegt zwischen 2 und 6 Minuten. Im Durchschnitt benötigte ich 5 - 10 Minuten, um einen Kanal aufzubereiten. Dabei wurde bis zu 3 mal das Instrument gewechselt.

4) Histologischer Vergleich der Methoden

Um die Qualität der mit Ultraschallaufbereiteten Wurzelkanalwände zu untersuchen, sind von allen Zähnen Längsschnitte angefertigt worden.

Mittels dieser Längsschnitte läßt sich der Wurzelkanal der ganzen Länge nach, d. h. von der Kronenpulpa bis zum Foramen apicale darstellen. Somit ist eine Möglichkeit geschaffen, die Kanalwände histologisch zu untersuchen. Unter Benutzung eines Auflichtsmikroskopes wurden die Zustandsbilder der Kanalwände verglichen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden durch einen Teil der angefertigten Mikroaufnahmen aufgezeigt, die mit einem Fotomikroskop von Zeiss hergestellt worden sind.

Abbildung 1 zeigt einen Wurzelkanal, aus dem lediglich die Pulpa exstirpiert worden ist. Die Kanalwand zeigt große Unebenheiten, tiefe Krypten und Ablagerungen verschiedener Größe, sowie Reste der Pulpa. Dieser Zustand bildet einen idealen Nährboden für Bakterien.

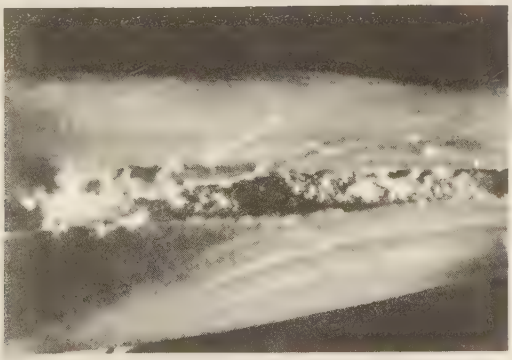


Abb. 1

Einen starken Unterschied hierzu zeigt das zweite Foto (Abb. 2). Hierbei handelt es sich um einen Wurzelkanal, der manuell mittels Kerr-Schrauben und Hedström-Feilen steigender Größe aufbereitet wurde. Glatte Wände ohne Furchen und Ablagerungen zeigen eine Idealvoraussetzung für eine Wurzelfüllung. Es befinden sich

keine organischen Pulpareste mehr im Kanal. Die glatte Oberfläche wirkt einer Ansiedlung pathogener Keime und damit einer Reinfektion entgegen.

Trotzdem ist auch bei sorgfältiger Aufbereitung nicht zu vermeiden, daß einige Einbuchtungen der Wand bei der Aufbereitung nicht erfaßt werden. Deutlich ist so eine nicht aufbereitete Stelle auf dem Bild zu erkennen.

Abb. 2

Die Abbildung Nr. 3 zeigt einen Zahnlängsschnitt, dessen Kanal mit dem CAVITRON-Gerät plus eingesetztem Kerr-Bohrer aufbereitet wurde. Obwohl der Kanal leicht gekrümmt ist, zeigt auch hier die Oberflächenstruktur der Wand ein günstiges Ergebnis. Die rauhen Unebenheiten sind restlos abgetragen. Somit ist eine gute Wandständigkeit der späteren Wurzelfüllung gewährleistet.

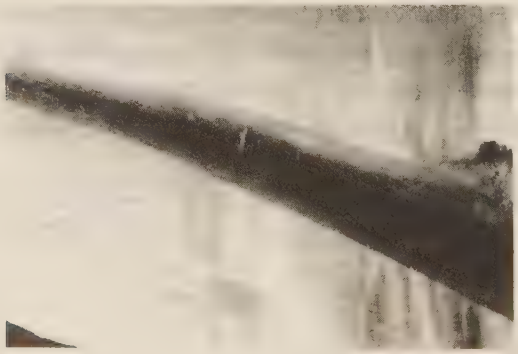


Abb. 3

Die Mikroaufnahmen Nr. 4 und 5 lassen einwandfrei die beste Oberfläche des Kanales erkennen. Diese Wurzelkanäle wurden mit ultraschallaktivierten Kerr-Feilen bearbeitet. Hierbei ist nahezu eine Oberflächenqualität erreicht worden, die einer Politur nahe kommt.

Abb. 4

Trotzdem ist auch hier eine hundert %ige Aufbereitung nicht gelungen. Das Foto Nr. 5 läßt wiederum eine nicht geglättete Stelle erkennen.

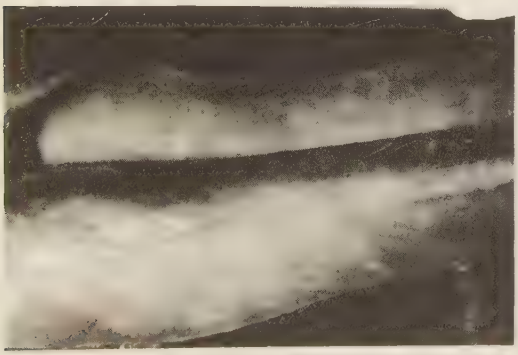


Abb. 5

Die Verwendung von Hedström-Feilen mit dem CAVITRON-Gerät hat sich als nicht besonders gut herausgestellt. Die Kanalwandglättung ist nur unzulänglich gelungen. Die Oberfläche zeigt eine gewisse Rauhigkeit, welche eine gute Füllung des Kanals sicher nicht ermöglicht. (Abb. 6)

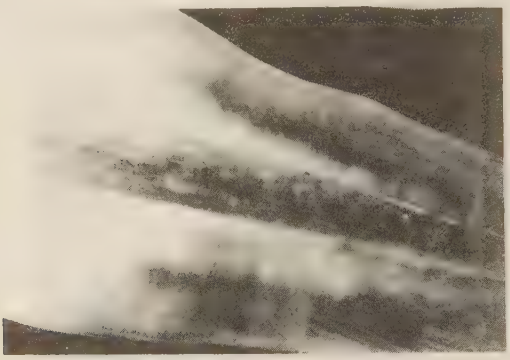


Abb. 6

Die besondere Form der Hedström-Feile hat sich bei der Aufbereitung auf das Kanaldentin übertragen, sodaß sich ein dem Instrument entsprechendes Relief bildet. Solche Furchen sind deutlich auf dem Bild Nr. 7 zu erkennen.

Abb. 7

Die abgebrochene Instrumentenspitze einer Hedström-Feile im apikalen Bereich zeigt die Abbildung Nr. 8. Wegen der Kleinheit des Objektes wurde dieses Frakturstück, wie schon früher erwähnt, erst bei der histologischen Untersuchung entdeckt. Es hatte sich im Foramen apicale festgeklemmt und ließ sich nicht ohne Gewalteinwirkung entfernen.

Abb. 8

IV. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

Als Ergebnis der Untersuchungen ist folgendes festzustellen:

1) Die Anwendung des Ultraschalls mittels des CAVITRON 600 in der Endodontie ermöglicht keine effektiv günstigeren Ergebnisse, als die, die durch manuelle Aufbereitung des Wurzelkanales erreicht werden können. Obwohl bei Benutzung des CAVITRON in Kombination mit Kerr-Feilen eine glattere Oberfläche der Kanalwand erzielt wird, als durch die manuelle Methode, stellt der erreichte Vorteil praktisch keinen großen Fortschritt dar.

2) Der zeitliche Gewinn von 2 - 6 Minuten pro Kanalaufbereitung ist keine echte Verbesserung.

3) Die hohe Schallenergie des Gerätes ermüdet den Stahl der Wurzelinstrumente zu schnell. Die dadurch verursachten Nadelfrakturen, die sich auch bei sorgfältigster Anwendung nicht ausschalten lassen, stellen ein beträchtliches Risiko für den Patienten dar.
Auch die qualitativ besseren Instrumente der Firma Micro Mega frakturieren nach einiger Zeit.

4) Eine weitere Gefahr für den Patienten bringt die erhebliche Erwärmung des Zahnes bei der Benutzung stärkerer Instrumente mit sich.

V. DISKUSSION

Die Ergebnisse der Untersuchungen veranschaulichen, daß der Einsatz des Ultraschallgerätes CAVITRON 600 in der Endodontie nicht den erwarteten Anforderungen gerecht wird. Die Vorteile, die durch die geringfügige Zeitersparnis, sowie durch die etwas bessere Oberflächenstruktur des Kanales gegenüber der manuellen Aufbereitung erreicht werden, wiegen die erheblichen Nachteile dieses Gerätes nicht auf. Selbst bei Anwendung des "Kühlmittels" Hypochlorit ist eine thermische Schädigung des periodontalen Gewebes, damit des Patienten, nicht mit Sicherheit auszuschalten.

Ebenso nachteilig für den Patienten ist der Bruch eines Instrumentes im Wurzelkanal. Da diese Bruchstücke zumeist sehr klein sind, wird dieser üble Umstand von Behandelnden nicht gleich bemerkt. Handelt es sich um ein nicht zu großes Fragment, so kann man den riskanten Versuch machen, dieses im Kanal zu belassen und den Wurzelkanal soweit als möglich zu füllen. Voraussetzung ist, daß das Instrument steril war. Sollte es trotzdem zu einer Infektion kommen, so bleibt nur die Radikaloperation, d. h. die chirurgische Entfernung der Wurzelspitze mit dem Fragment.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Untersucht wurde die Verwendung des Ultraschalls bei der Wurzelkanalaufbereitung und der herkömmlichen manuellen Methode gegenübergestellt.

Zur Ultraschallerzeugung wurde das CAVITRON 600 benutzt.

Die Versuche über die Wirkung der verschiedenen ultraschallaktivierten Kanalaufbereitungsinstrumente haben ergeben, daß sich der Aufbereitungs-, Erweiterungs- und Reinigungseffekt der gezähnten Instrumente wesentlich von dem der feil- und bohrerartigen unterscheidet.

Die Mikroaufnahmen der Wurzelkanäle zeigen, wie die zerklüfteten, angerauhten Oberflächen, die Resorptionsbuchten und die mit organischem Material ausgefüllten Lakunen durch die mechanische Ultraschallaufbereitung relativ gut und glatt bearbeitet wurden.

Die Gruppe der gezähnten Instrumente (Rattenschwanzfeilen) ist in Verbindung mit dem Cavitron für eine sorgfältige Kürettage des Kanals nicht geeignet.

Durch tiefe Furchen werden in verschiedenen Ebenen neue Retensionsnischen geschaffen. Infiziertes Material wird weiterhin auf Grund der nur sehr kleinen wirksam arbeitenden Scheidekante im Kanal belassen und die Eröffnung der Dentinkanälchen fehlt zum größten Teil.

Die feilartig wirkenden Instrumente und Bohrer (Kerr) zeigen eine annähernd gleich gute Wirkung auf die Erschließung der Dentinkanälchen und führen zu einer glatten Kanalwand.

Nur geringfügig unter dem Niveau der circulären Aufbereitung liegen die Riefen, welche bei der Verwendung der Hedströmfeile entstehen.

Durch die zugeführte Ultraschallenergie tritt eine relativ schnelle Alterung der Instrumente ein, die mit einer Fraktur endet. Als Ursache läßt sich eine vorzeitige Materialermüdung vermuten.

Bei der Aufbereitung des Wurzelkanals wurde eine Erwärmung des Zahnes festgestellt, die mit steigender Größe der Instrumente erheblich zunahm.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der Einsatz des Ultraschalls in der Endodontie nicht den erwarteten Erfolg brachte. Die Ergebnisse sind denen einer sorgfältig manuell aufbereiteten Kanalwand sehr ähnlich.

VII. LITERATURNACHWEIS

1) H ä u p l — Therapie der Wurzelkanäle mit gangränösem Inhalt.
Lehrbuch der Zahnheilkunde. Wien 1949

2) M e y e r, W. — Die Darstellung der Wurzelkanäle.
Zä.Rdsch. 64 (1955)

Die Anatomie der Wurzelkanäle.
Dtsch. Zä.Zsch. 14 : 1239 (1959)

Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung.
Dtsch. Zä.Zsch. 15 : 777 (1960)

Probleme der sogenannten Wurzelbehandlung.
Zä.Mitt. 51 : 301 (1961)

3) He ß, W. — Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feinen Verzweigungen am Foramen apicale.
Habilitationsschrift Zürich 1917

4) F i s c h e r, G. — Zur Topographie der Apikalregion des Zahnes.
Zä.Rsch. 62 H. 11,275 (1953)

5) K l u c z k a, J. — Das Foramen apicale und seine Bedeutung für die Wurzelbehandlung.
Zä.Reform 55 H. 15/16,283 (1954)

6) E u l e r, H. — Betrachtung über die Restpulpitis.
Zä. Praxis 6 H. 2,1 (1955)

Wurzelbehandlung und Kanalwand.
Zschr.f.Stom. 50 : 291 (1953)

7) H a r n d t, E. — Histologische und bakteriologische Grundlagen für die Behandlung gangränöser Zähne.
Dtsch. Zä.Zeitsch. 3 : 4 (1948)

8) F r a n k e, J.
Zur Frage Wurzelbehandlung.
Zä.Welt 10 H. 7 : 186 (1955)

9) K e t t e r l, W.
S c h u b e r t, Ph.
Die heiße Spülung bei der Wurzelbehandlung.
Zä.Praxis 5 H. 14 (1954)

10) M a e g l i n, B.
Die Aufbereitung des infizierten Wurzelkanals.
ZMK im Vortr. H. 8 München 1951

11) K j a e r, W.
Elektrische Wurzelbehandlung nach neuen Gesichtspunkten.
Zä.Rsch. 62 H. 6 (1953)

12) U l l i g, R.
Die histologische Kontrolle von verschiedenen Methoden der Wurzelkanalreinigung.
Zschr.f.Stom. 27 : 1037 (1929)

13) V ö p e l, F.
Die Wurzelkanalwand im mikroskopischen Bild bei verschiedenen Behandlungsmethoden
Med.Diss. Köln 1954

14) W i l m e r, H.
Untersuchungen über die Wirkung instrumentell-chemischer Aufbereitungsarten auf das Wurzelkanalwanddentin.
Das Dtsch.Zäbl. 13 : 141 (1959)

15) H e d s t r ö m, G.
Gangrene of the dental pulp and its Treatment.
Stockholm 1927

16) B i n d e r, B.
Die maschinelle Aufbereitung des Wurzelkanals.
ZWR 59 H. 15

17) F r e y b e r g e r, P.
Zur rationellen Aufbereitung des Wurzelkanales.
Zä.Rsch. 68 : 253 (1959)

18) B u c h s, H. — Histologische Untersuchungen des Wurzelkanales nach Anwendung von Hand- und Maschineninstrumenten. DZZ 20/65 I

19) W a e c h t e r, P. — Histologische Untersuchungen zur Aufbereitung des infizierten Wurzelkanals. Zä.Welt 10 H. 1 : 20 (1955)

20) W a l t e r, J. K ö v a g o, A. — Die Meßnadel, ein wertvolles Hilfsmittel bei der Wurzelbehandlung. Zä.Rsch. H. 7 (1967)

21) P a r t s c h, C. — Handbuch der Zahnheilkunde I. Band Wiesbaden 1917 II. Band München 1925

22) R e h r m a n n, A. — Zur Frage der chirurgischen Wurzelfüllung und ihre Verbesserung durch Verwendung eines neuen Normbesteckes. Zä.Rsch. 60/118 (1951)

23) F e c h t e r — Ergebnisse von mehreren tausend in der freien Praxis nach wissenschaftlich anerkannten Methoden durchgeführten Wurzelbehandlungen.

24) H a u n f e l d e r, D. — Instrumente und Methoden zur Aufbereitung des Wurzelkanals. Dtsch. Zä.Kal. 1958

25) L e d e r e r, K. — Das Problem der Wurzelfüllung. Dtsch. Zäbl. 8 H. 14 (1954)

26) D e g n e r, K. — Die Wurzelkanaltopographie erster unterer Molaren und daraus resultierende Möglichkeiten einer vollkommenden Wurzelbehandlung.

27) S c h e u e r m a n n, W. — Bis zu welchem Grad ist es möglich, abgeknickte Wurzelkanäle mechanisch aufzubereiten? Med. Diss. Berlin 1953

28) P ö h l e r, G. — Wurzelbehandlung - Wie lange noch? Zä.Welt 10 H. 7 : 174 (1955)

29) W e s e n d a h l, P. — Rehrmanns Methode der Wurzelfüllung in Verbindung mit Apikoektomie. Svenk Tadläk. Tskr. 47 H. 3 (1954)

30) P o t h m a n n, C. — Erfahrungen mit Ultraschallreinigung. Zä.Rsch. H. 7 (1967)

31) K r a b b e, U. — Einige Probleme, besonders elektrotechnische, in Verbindung mit Wurzelbehandlung. Zä.Rsch. 62 H. 14 : 390 (1953)

32) W e r n e r, J. — Der flexible Wurzelkanalbohrer nach Herrmann. Med. Diss. Mainz 1954

33) I s o k a w a, S. — Über das Lymphsystem des Zahnes. Z. Zellf. 52, 140-149 (1960)

An dieser Stelle sei es mir erlaubt,

Herrn Professor Dr.med. G. Haim

für die freundliche Überlassung des interessanten Themas sowie für die mir bei der Abfassung der Arbeit erteilten Ratschläge meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Dank schulde ich auch Frl. Görlach für die Herstellung der Mikrophotographien.

Lebenslauf

Am 1. April 1941 wurde ich in Berlin als Sohn des Oberingenieurs Bernd Zurhold und seiner Ehefrau Beatrice geboren. 1947 wurde ich eingeschult und besuchte nach sechsjähriger Grundschule die Walther Rathenau Schule (3. OWZ Wilmersdorf). 1962 machte ich mein Abitur und begann im Wintersemester 1962/63 das Zahnmedizin-Studium an der Freien Universität Berlin. Dort habe ich im Frühjahr 1969 mein Staatsexamen abgelegt.